Über Resorptionsdefekte am Gebiß beim Zahnwechsel rezenter und fossiler Wirbeltiere

Von A. F. T a u b e r
(Geologische Abteilung des Burgenländischen Landesmuseums Eisenstadt)

Mit 6 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Dezember 1949)

Unter dem hallstattzeitlichen Knochenmaterial, welches ich bei den Grabungen in der Höhle im „Blauen Bruch" bei Kaisersteinbruch (Burgenland) bergen konnte (T a u b e r 1949), befanden sich fünf isolierte Milchinzisiven eines Pferdes, von welchen drei eigenartige, an Ausschleifungen erinnernde Defekte zeigten. Es sind dies zwei di_3 (Abb. 1, Fig. 1) und ein di_2, deren Zugehörigkeit zu einem schweren Pferd vom *Equus-robustus*-Typ auf Grund der Befunde am Extremitätenskelett außer Frage steht. Der Abkauungszustand der Zähne weist auf ein Lebensalter von $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Jahren[1] hin, jedoch war mir eine Entscheidung, ob es sich um Ober- und Unterkieferzähne handelt, nicht mit Sicherheit möglich. Wie Abb. 1, Fig. 1, zeigt, sind die „Ausschleifungen" an den di_3 von der lingualen Seite her in die mittleren und oberen Teile der Zahnwurzel etwa 3 mm tief vorgedrungen und haben dadurch in beiden Fällen die Pulpa eröffnet. Am di_2 liegt der Defekt am oberen Teil der Zahnwurzel gegen die Wurzel des di_1 zu und ebenfalls lingualwärts. Er hat die gleiche Form wie die entsprechenden Bildungen an den di_3, ist aber kleiner, 8 mm lang, 2,5 mm breit, 1 mm tief, und eröffnet die Pulpa nicht. Die Glätte und fast geometrische Begrenzung dieser Bildungen erinnern unwillkürlich an mechanische Ausschleifungen, wie solche auf natürliche Weise bei falscher Zahnstellung durch den Antagonisten oder künstlich durch lockere Trensen denkbar wären. Allein schon ein flüchtiger Blick auf die Abb. 1, Fig. 1, lehrt,

[1] Bestimmt nach D u e r s t 1926, S. 170 ff.

daß die „Ausschleifungen" an den di_3 so nahe an die Wurzelspitzen heranreichen, daß die Zähne, um jene Wurzelflächen einem abreibenden Gegenstand darzubieten, nicht mehr in ihren Alveolen gesteckt haben könnten. Eine mechanische Ausschleifung solcher Art ist also in vivo undenkbar. Da sich nun andererseits aber auch keinerlei Anhaltspunkte dafür finden ließen, daß diese Bildungen postmortal entstanden, lag der Gedanke an eine nichtmechanische Entstehungsweise nahe. Dies leitete zu der Vermutung hin, daß diese Defekte mit den nachrückenden Zähnen der permanenten Dentition in Beziehung stünden.

Der Vergleich mit in Zahnwechsel befindlichen Milchgebissen rezenter Equiden bestätigte diese Vermutung. An den di_2 und di_3[2] aus dem Oberschädel eines dreijährigen Maultieres, welches O. Abel 1918 bei Nazareth sammelte, wurden ganz ähnliche Aushöhlungen vorgefunden, deren tiefste an einem der di_2 in Abb. 1, Fig. 2, festgehalten wurde. Die gesamte Zahnwurzel von der Wurzelspitze bis zum Zahnhals ist hier entlang einer Fläche, die die Pulpa längs durchschneidet, so halbiert, daß die linguale Hälfte der Zahnwurzel fehlt. An diesem Objekt zeigte sich nun, daß der lingual folgende und tiefer im Kiefer steckende Keim des I_2 in der besprochenen Ausnehmung des di_2 liegt, wobei die Form der Ausnehmung genau der Form der labialen Außenfläche des I_2 entspricht (Abb. 2 a). Auch der di_3 weist eine kleinere Ausnehmung auf, die, wie ihre Lage zum I_2 eindeutig zeigt, ebenfalls durch diesen verursacht ist. Dieser Befund läßt nur die Deutung zu, daß die organische und anorganische Substanz des Milchzahns vom Keim des Ersatzzahns bzw. dessen Hüllen resorbiert wird, um den für die Entwicklung des permanenten Zahns notwendigen Platz zu schaffen, wobei im Milchzahn Resorptionsmarken entstehen, die der jeweiligen Größe und Form des Keims entsprechen. Daß dies eine beim Zahnwechsel der Equiden durchaus verbreitete Erscheinung ist, bewies die Untersuchung eines dritten Pferdeschädels, welcher von einem 11 Monate alten malaiischen Pony stammt[3]. In diesem jugendlichen Alter sind die Keime der Ersatzzähne in einem noch durchaus knorpelig biegsamen Stadium. Dennoch hatte der bereits vorhandene sehr kleine Keim des I_1[4] im Oberkiefer schon eine tiefe Re-

[2] Die di_1 waren bereits gewechselt.

[3] Er befindet sich im Lehrapparat des Paläontologischen und Paläobiologischen Instituts der Universität Wien, für dessen Benützung ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. K. Leuchs †, tiefsten Dank schulde.

[4] Die größte Länge des Keims des I_1 beträgt nur 12,5 mm.

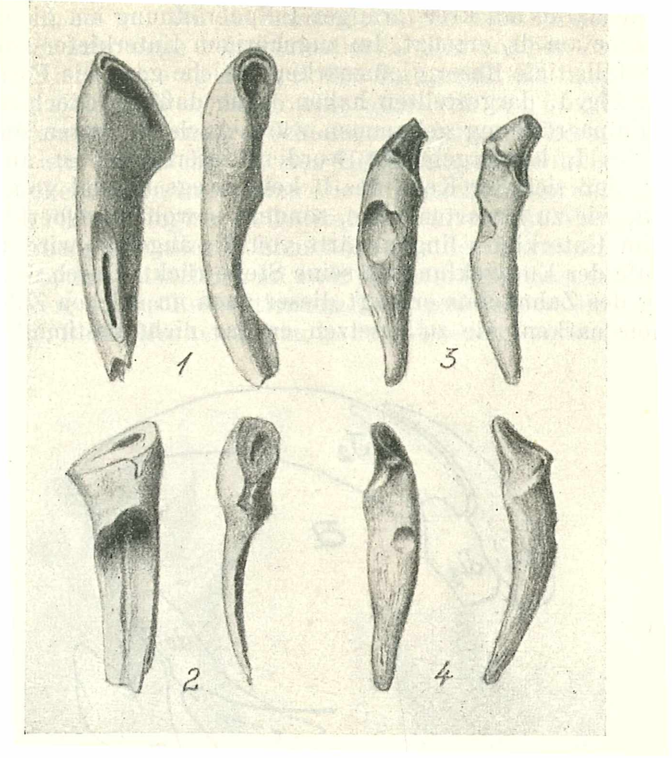


Abb. 1.

Fig. 1: Zwei di_3 eines $1^{1}/_{2}$- bis $2^{1}/_{2}$jährigen Pferdes vom *Equus-robustus*-Typ mit tiefen Resorptionsdefekten. Wahrscheinlich aus dem Unterkiefer. Hallstattzeitlich. Höhle im „Blauen Bruch" bei Kaisersteinbruch, Burgenland. Originale im Burgenländischen Landesmuseum, Eisenstadt; Nr. 49/lab.

Fig. 2: di_2 sup., dex. eines 3jährigen Maultieres mit großem Resorptionsdefekt, rezent. Nazareth. Original im Paläontologischen und Paläobiologischen Institut der Universität Wien.

Fig. 3: dc inf., sin. von *Ursus spelaeus* Ros. mit Resorptionsdefekt. Jungplistozän, Drachenhöhle bei Mixnitz, Steiermark. Original im Paläontologischen und Paläobiologischen Instiut der Universität Wien.

Fig. 4: dc inf., dex. von *Ursus spelaeus* Ros. mit kleinem Resorptionsdefekt. Jungplistozän, wie Fig. 3.

sorptionsmarke mit kreisförmiger Pulpaeröffnung am di_2 und eine sehr flache am di_1 erzeugt. Im zugehörigen Unterkiefer tragen die di_2 ebenfalls tiefe Resorptionsmarken, welche ganz die Form der in Abb. 1, Fig. 1, dargestellten haben, ohne daß es jedoch schon zu einer Pulpaeröffnung gekommen wäre. Auch sie waren durch den Keim des I_1 hervorgebracht worden. Interessant ist an diesem Objekt, daß sich der Keim des I_1 keineswegs lingual vom di_1 entwickelt, wie zu erwarten wäre, sondern sowohl im Oberkiefer wie auch im Unterkiefer lingualwärts von di_2 angelegt wird und erst im Laufe der Entwicklung an seine Stelle rückt. Durch diese Wanderung des Zahnkeims erzeugt dieser auch an solchen Zähnen Resorptionsmarken, die zu ersetzen er gar nicht bestimmt ist.

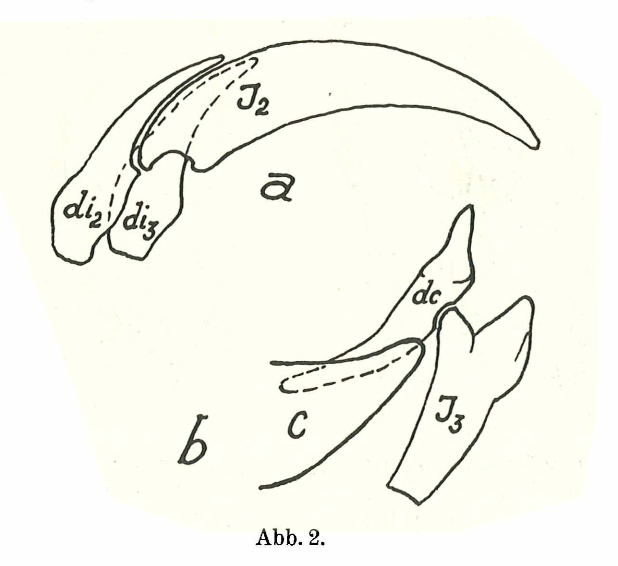


Abb. 2.

Fig. a: Stellung der Inzisiven im Oberkiefer eines 3jährigen Maultieres, rezent, Nazareth. Der di_2 entspricht dem in Abb. 1, Fig. 2, dargestellten Zahn.

Fig. b: Stellung der Inzisiven und Canini im Unterkiefer eines juvenilen *Ursus spelaeus* Ros. Jungplistozän, Drachenhöhle bei Mixnitz, Steiermark. Der dc entspricht dem in Abb. 1, Fig. 4, dargestellten Zahn.

Verständlicherweise ist eine räumliche Kollision von Milchzahn und Dauerzahn die Voraussetzung für die Entstehung solcher Resorptionsmarken, und sie sind daher bei jenen Tieren am ehesten

zu erwarten, bei welchen die Zahnanlagen der aufeinanderfolgenden Dentitionen sehr enge beisammenliegen. Ein solcher Zustand hat sich, wie Ehrenberg 1931, S. 666 ff., ausführlich dargelegt hat, z. B. beim Höhlenbären durch eine auch von Antonius 1921, S. 330, erkannte sekundäre Schnauzenverkürzung herausgebildet. Demnach war im Milchgebiß des Höhlenbären ebenfalls mit ähnlichen Erscheinungen zu rechnen. Die Durchsicht der im Paläontologischen und Paläobiologischen Institut der Universität Wien erliegenden Mandibeln juveniler Höhlenbären aus der Mixnitzer Drachenhöhle ergab, daß tatsächlich an zwei Milchcanini, einem rechten und einem linken, solche Resorptionsmarken nachweisbar sind (Abb. 1, Fig. 3 u. 4). Beide Marken liegen in den obersten Partien der Zahn-

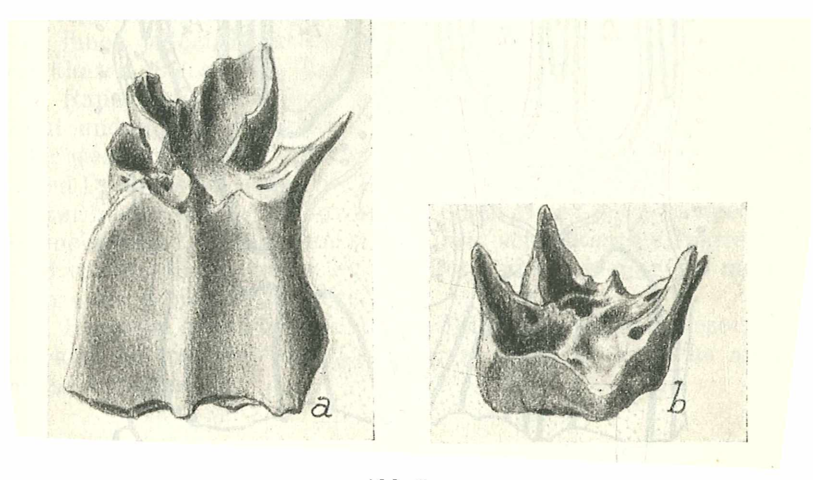


Abb. 3.

Fig. a: dp$_4$ sup., dex. eines $1^{1}/_{2}$- bis $2^{1}/_{2}$jährigen Pferdes vom *Equus-robustus*-Typ mit eben erst beginnender Wurzelresorption (die zwei vorne sichtbaren Wurzeln sind später beschädigt worden, wodurch die Pulpahöhlen sichtbar werden). Hallstattzeitlich, Höhle im „Blauen Bruch" bei Kaisersteinbruch, Burgenland. Original im Burgenländischen Landesmuseum, Eisenstadt; Nr. 49/2.

Fig. b: dp$_4$ sup., dex. eines 3jährigen Maultieres. Mehr als die Hälfte des Zahnes ist der Resorption zum Opfer gefallen. Stehengebliebene Pfeiler täuschen Zahnwurzeln vor. Rezent, Nazareth. Original im Paläontologischen und Paläobiologischen Institut der Universität Wien.

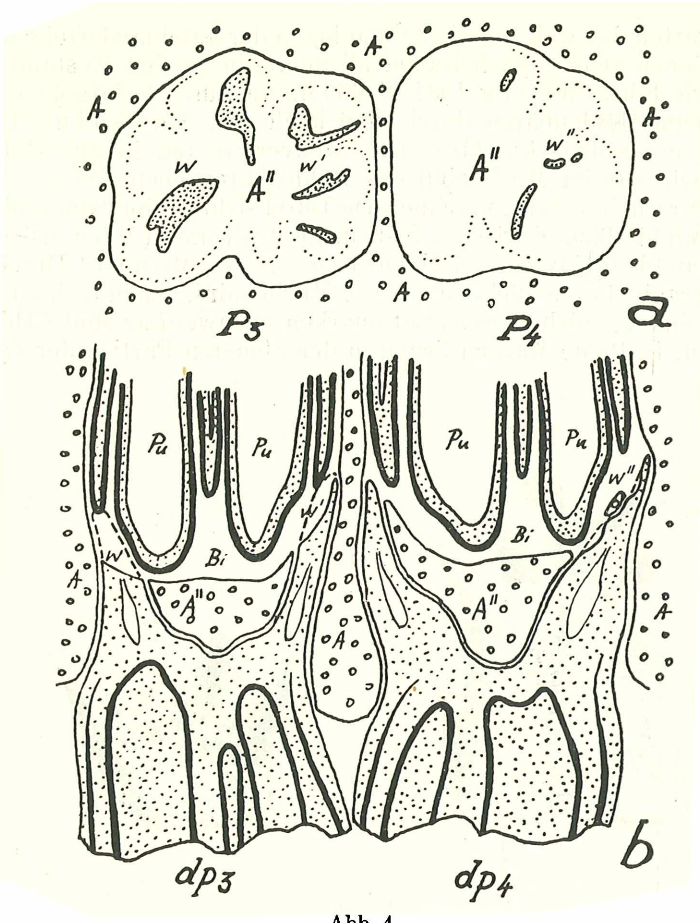


Abb. 4.

Fragment der linken Oberkieferhälfte eines schweren Pferdes vom *Equus-robustus*-Typ. Hallstattzeitlich. Höhle im „Blauen Bruch“ bei Kaisersteinbruch, Burgenland. Original im Burgenländischen Landesmuseum, Eisenstadt; Nr. 49/3.

Fig. a: Blick in die von oben her aufgebrochenen Keimhöhlen des P_3 und P_4 nach Entfernung der Ersatzzahnkeime. Die in Resorption befindlichen Wurzeln der Milchprämolaren (punktierte Flächen) werden sichtbar.

Fig. b: Oro-analer Längsschnitt durch die bukkale Hälfte der Zahnanlagen. Die unteren Begrenzungen der Keimhöhlen der

wurzeln, jedoch — im Gegensatz zu den Marken an Equideninzisiven — nicht lingual, sondern an der Vorderseite der Zahnwurzeln, etwas gegen die Symphysenflächen zu. Obwohl an Größe verschieden, ist die Lage der Marken an beiden Zähnen genau gleich; während der in Abb. 1, Fig. 3, dargestellte de leider als isoliert betrachtet werden muß[5], konnte bei dem in Abb. 1, Fig. 4, abgebildeten noch im Verband stehenden Milchcanin[6] der die Resorptionsmarke verursachende Zahn festgestellt werden: Es ist der Keim des I_3, welcher in diesem Entwicklungsstadium gerade labial vor dem dc in der Tiefe liegt (Abb. 2 b). Die Rundung seines Hinterzackens paßt genau in die Resorptionsmarke des dc. Die völlig gleiche Lage der Marke am zweiten isolierten dc zeigt, daß sie auch bei diesem durch gleiche Ursache hervorgebracht wurde. Diese Resorptionsmarken erinnern etwas an die von Breuer 1933 beschriebenen „keilförmigen Defekte“ an Bärencanini, lassen sich von ihnen jedoch leicht unterscheiden. Während nämlich dieersterwähnten nur an den Zahnhälsen und Schmelzkappen auftreten, der Rand der Aushöhlung gegen den schmelzlosen Zahnhals zu rund und unscharf begrenzt erscheint und ihre Form stets mehr oder weniger die eines auf der mesialen Zahnseite liegenden sphärischen Dreiecks ist, liegen die Resorptionsmarken an den Milchcanini immer im Bereich der Zahnwurzel, zeigen gegen die sie umgebenden schmelzlosen Zahnteile hin stets klare, scharfkantige Begrenzung, sind von rundlicher (meist ovaler) Form und liegen an der mesialen Hälfte der labialen Zahnseite.

Brachten die bisher genannten Fälle Beispiele von Resorptionsmarken an Inzisiven und Caninen, so sollen nun solche an Prämolaren folgen.

[5] Er war in den Unterkiefer Nr. 14 eingekittet gewesen, gehört aber, wie sich aus der für ihn viel zu kleinen Alveole ergibt, sicher nicht zu diesem.

[6] Er gehört zum Unterkiefer, welcher in Ehrenberg 1931, Tafel CXX, Abb. 4, abgebildet ist.

Dauerprämolaren folgen nicht dem Verlauf des Keim-Schmelzblechs. Die Resorptionsmarken w, w′, w″ entsprechen den gleichartig bezeichneten in Fig. a. A: Spongiosa der Kieferknochen und Alveolenränder. A″: Spongiosa der Alveolenböden. Bi: Raum der Keimhöhlen der in vivo von Bindegewebe erfüllt war. Pu: Pulpahöhlen der Ersatzzahnkeime. Eng punktiert: Dentin und Zahnzement. Dicke Linien: Schmelzblech. Kreise: Spongiosa.

Von dem eingangs genannten 1½- bis 2½jährigen hallstattzeitlichen Pferd aus der Höhle im „Blauen Bruch“ bei Kaisersteinbruch liegt u. a. ein Fragment der linken Oberkieferhälfte mit dp_3 und dp_4 sowie dem genau unterhalb der Alveole für den dp_3 folgenden Keim des P_3 vor. Entfernt man den Keim des P_3 und blickt man von oben her in die aufgebrochenen Keimhöhlen der Dauerprämolaren, so gewahrt man das Bild, welches schematisiert in Abb. 4 a festgehalten ist: In der Spongiosa der in Auflösung begriffenen Alveolarböden der Milchprämolaren werden an mehreren Stellen Anschnitte der Milchprämolarenwurzeln sichtbar (eng punktiert in Abb. 4 a). Dem früheren Durchbruch des P_3 (mit 38 bis 42 Monaten) vor dem des P_4 (mit 45 bis 50 Monaten) entsprechend, ist der Keim des P_3 bereits länger, seine Höhle daher weiter gegen den dp_3 vorgeschoben und infolgedessen die Resorption der Wurzeln des dp_3 bereits in größerem Umfange erfolgt als im Bereich des P_4. Ein in oro-analer Richtung durch die bukkale Hälfte der Zahngebilde gelegter Längsschnitt (Abb. 4 b) möge das Gesagte verdeutlichen. Die Resorptionsmarken an den Wurzeln der dp sind in dieser Abbildung mit w, w′, w″ bezeichnet. Die Betrachtung dieser Abbildung lehrt, daß die Resorption der Milchprämolaren im Laufe des weiter fortschreitenden Wachstums der Dauerprämolaren noch weit beträchtlicheren Umfang anzunehmen vermag. Dies wird durch einen Befund am schon genannten rezenten Maultierschädel auch tatsächlich bestätigt. Dieses etwa dreijährige Tier hatte den Prämolarenzahnwechsel fast vollendet: P_2 und P_3 waren bereits in Reibung getreten. Der P_4 war eben durchgebrochen, trug aber rechts noch kappenartig einen Rest des Milchzahns (Abb. 3 b), der links bereits ausgefallen war. Dieser Milchzahnrest stellt, wie Abb. 3 b zeigt, ein mehr oder minder plattenartiges Gebilde dar, von welchem vier zahnwurzelartige Fortsätze ihren Ausgang nehmen. Bei näherer Prüfung aber stellt man fest, daß diese Fortsätze mit den ursprünglich vorhandenen Zahnwurzeln wenig zu tun haben, vielmehr handelt es sich um Reste der zwei Außenpfeiler (Mesostyl und Parastyl), des Innenpfeilers (Protocon) sowie des Hypostyls. Allerdings nehmen von der Gegend dieser Zahnelemente ursprünglich auch die vier Wurzeln des Milchprämolaren ihren Ausgang und daher werden in den genannten zahnwurzelartigen Fortsätzen die Anschnitte der Pulpahöhlen sichtbar, deren äußerste zahnkronenwärtige Enden gerade noch erhalten geblieben sind. Die Fläche zwischen diesen Fortsätzen trägt, wie aus Abb. 3 b ersichtlich, zwei tiefe Gruben (links in der Abbildung), in welche Metaconus und Paraconus des nachschiebenden P_4 zu liegen kommen, außerdem eine seichtere Grube für den Protocon sowie zwei auffällige Ab-

schrägungen gegen die Außenflächen zu, von welchen die eine dem Metaconulus, die zweite (in Abb. 3 b vorne, Mitte) dem Protoconulus des nachfolgenden P_4 entspricht.

Ganz ähnliche Wurzelresorptionen liegen mir auch von den Milchprämolaren der Unterkiefer vor. So z. B. am dp_2 des hallstattzeitlichen Pferdes. Auch für sie hat in allgemeinerer Form das Schema der Abb. 4 b Gültigkeit.

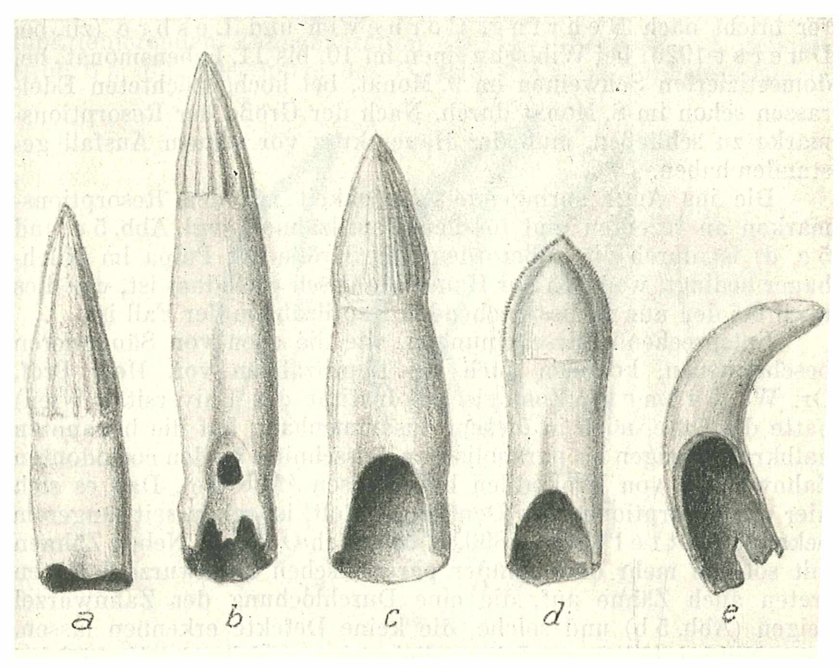


Abb. 5.

Fig. a: Zahn aus dem Symphysenabschnitt; Fig. b: Zahn aus dem Mittelabschnitt; Fig. c: Zahn aus dem proximalen Abschnitt des Dentale von *Crocodilus vulgaris* C u v. rezent, Nil. Originale im Paläontologischen und Paläobiologischen Institut der Universität Wien, verschiedene Typen von Resorptionsdefekten aufweisend; Fig. d: Zahn von *Belodon* sp. Oberer Keuper (nach M e y e r) mit gleichartigem Resorptionsdefekt; Fig. e: rechtsseitiger, unterer Milchhauer eines 8 Monate alten Schweines mit großem Resorptionsdefekt an der Lingualseite. Römerzeitlich, Hoher Markt, Wien I, Original in den Städtischen Sammlungen der Gemeinde Wien.

Resorptionsdefekte, die in ihrer Gestaltung eine merkwürdige Ähnlichkeit mit den gleich noch zu besprechenden an Reptilzähnen

aufweisen, sind mir von Suiden bekannt. Bei der Bearbeitung der römerzeitlichen Küchenabfälle, die die Ausgrabungen am Hohen Markt in Wien I zutage gefördert haben (Neumann und Mazanetz 1949) fand ich einen isolierten unteren rechtsseitigen Hauer eines etwa acht Monate alten, wahrscheinlich domestizierten Schweines, dessen Wurzel bis hoch in den Zahnhals hinauf auf der Lingualseite eine parabolische Resorptionsmarke trug (Abb. 5 e), die durch den nachschiebenden Ersatzhauer verursacht ist. Letzterer bricht nach Nehring, Cornevin und Lesbre (zit. bei Duerst 1926) bei Wildschweinen im 10. bis 11. Lebensmonat, bei domestizierten Schweinen im 9. Monat, bei hochgezüchteten Edelrassen schon im 8. Monat durch. Nach der Größe der Resorptionsmarke zu schließen, muß der Hauer kurz vor seinem Ausfall gestanden haben.

Die ins Auge springende Ähnlichkeit mit den Resorptionsmarken an rezenten und fossilen Reptilzähnen (vgl. Abb. 5 e und 5 c, d) ist durch die außerordentliche Größe der Pulpa im Milchhauer bedingt, wodurch der Hauer praktisch coelodont ist, wie dies auch bei den nun zu besprechenden Reptilzähnen der Fall ist.

Entsprechende Erscheinungen, wie die eben von Säugetieren beschriebenen, kommen auch bei Reptilzähnen vor. Herr Prof. Dr. W. Kühnelt (Zoologisches Institut der Universität Wien) hatte die Güte, mich in diesem Zusammenhang auf die bekannten halbkreisförmigen bis parabolischen Ausschnitte an den coelodonten Zahnwurzeln von Krokodilen hinzuweisen (Abb. 5 c). Daß es sich hier um Resorptionen des Dentins handelt, ist schon seit längerem bekannt (Zittel 1887—1890, S. 656 nach Owen). Neben Zähnen mit solchen mehr oder minder parabolischen Zahnwurzeldefekten treten auch Zähne auf, die eine Durchlochung der Zahnwurzel zeigen (Abb. 5 b) und solche, die keine Defekte erkennen lassen. Beim Nilkrokodil, von welchem allein mir ausreichendes Vergleichsmaterial zur Verfügung steht, sind die beiden letztgenannten Typen, vor allem jener durchlochte, viel seltener als die parabolischen Defekte, die fast an jedem Zahn in Erscheinung treten. Zittel hat die in Abb. 5 a, b, c dargestellte Reihe von Resorptionsmarken als Entwicklungsreihe aufgefaßt, wie aus seiner diesbezüglichen Darstellung (l. c. S. 656) zu entnehmen ist. „Die lange, nicht eingeschnürte Wurzel ist ... häufig am Innenrand von einer Öffnung oder einem Ausschnitt durchbohrt. Die Keime der Ersatzzähne entwickeln sich im Grund der Alveolen auf der Innenseite, greifen bei ihrem Wachstum zuerst die Innenwand des funktionierenden Zahnes an und dringen dann durch eine runde Öffnung in die Pulpa ein. Je größer der Ersatzzahn, desto stärker wird die Wurzel des dar-

überstehenden Zahns resorbiert, bis er schließlich abbricht und ausfällt ...“ Demgegenüber kann ich auf Grund dreier untersuchter Schädel des Nilkrokodils[7] feststellen, daß die von Zittel gebrachte Darstellung beim Nilkrokodil nur für ganz vereinzelte Zähne zutrifft, u. zw. für solche, die sich meist im Mittelabschnitt des Dentale befinden. Diese Zähne sind an der Basis, besonders an der lingualen Seite, durch Falten, welche in der Längsachse des Zahnes verlaufen, so tief eingeschnürt, daß der Keim der folgenden Zahngeneration (D_2) lingual außerhalb der Pulpa der funktionierenden Zahngeneration (D_1) zur Entwicklung gelangt (Abb. 6 b, b′). Die Spitze des D_2 tritt dann bei fortschreitendem

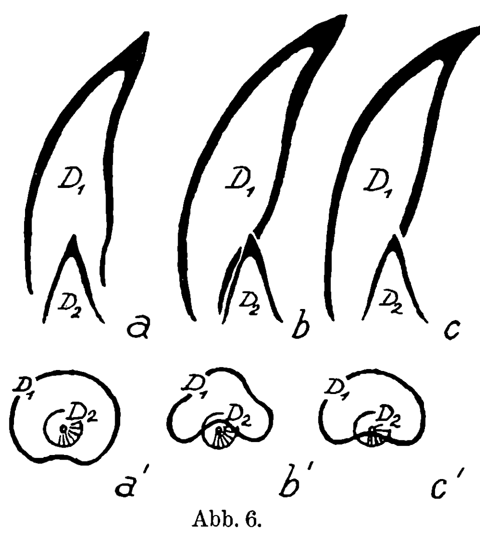


Abb. 6.

Längsschnitte und Basisquerschnitte durch die Zahnanlagen im Dentale eines *Crocodilus vulgaris* Cuv. rezent, Nil. Die Fig. a, b, c bzw. a′, b′, c′ entsprechen den Abb. a, b, c in Abb. 5. D_1: Funktionierende Zahngeneration, D_2: Keime der folgenden Zahngeneration.

Wachstum durch ein annähernd kreisförmiges Loch in die Pulpa des D_1 ein (Abb. 5 b) und erzeugt im Endprozeß schließlich eine parabolische Resorptionsmarke, wie sie durch die Abb. 5 c dargestellt wird. Dasselbe Ergebnis wird aber bei den Zähnen des Nil-

[7] Zwei aus dem Lehrapparat des Paläontologischen und Paläobiologischen Instituts der Universität Wien und einer im Besitz des Zoologischen Instituts der Universität Wien.

krokodils weitaus häufiger dadurch hervorgebracht, daß der D_2 im lingualen Teil der Pulpa des D_1 aufwächst; er erzeugt bei zunehmender Größe einen vom Wurzelrand aus gegen die Zahnkrone zu fortschreitenden Kegelschnitt im D_1 mit demselben Endresultat einer parabolischen Resorptionsmarke, ohne aber daß vorher ein Stadium nach Art der Abb. 5 b durchlaufen wird (Abb. 6 c, c′). In der Symphysengegend kommen nun auch Zähne vor, welche einer longitudinalen Falte und damit einer lingualen Einschnürung der Zahnbasis fast völlig entbehren (Abb. 5 a, 6 a′). In der Pulpa eines solchen Zahns kommt der D_2 mit der Zahnbasis des D_1 kaum in Kollision, so daß eine Resorption entweder ausbleibt oder, wenn eine solche doch erfolgt, nur eine Verkürzung der Wurzel des D_2 hervorruft, ohne jene ausgeprägten parabolischen Defekte zu erzeugen. Die Reihe a, b, c in Abb. 5 stellt also keine Entwicklungsreihe, als welche sie Zittel auffaßte, dar, sondern ist durch die jeweilige Lagebeziehung vom Zahnkeim zur Zahnbasis der funktionierenden Zahngeneration bedingt, welche ihrerseits vornehmlich durch die im einzelnen verschiedene Querschnittsform der Zahnbasen bestimmt wird.

Das Gesagte läßt bereits erwarten, daß sich auch an den Zähnen fossiler Reptilien gleichartige Resorptionsmarken vorfinden. In der Tat sind solche recht häufig, wenn sie auch vielfach nicht beachtet oder als zufällige Beschädigungen betrachtet wurden. So bemerkt man z. B. an der Mehrzahl der Zähne des oberjurassischen *Diplodocus longus,* die Marsh 1896, pl. XXVI, Abb. 1, zur Darstellung gebracht hat, daß die Wurzeln z. T. fast in ihrer ganzen Länge dergestalt halbiert sind, daß die linguale Seite fehlt. Nach der auf der gleichen Tafel in Abb. 2 gegebenen Darstellung der Lage der Zahnkeime ist auch nichts anderes zu erwarten. Bei den fossilen Crocodiliern entsprechen die Resorptionsmarken weitgehend jenen an rezenten Krokodilzähnen. Die lingualseitigen Zahndefekte, welche Meyer von Zähnen des obertriassischen *Belodon,* dessen Zugehörigkeit zu den Crocodiliern Huxley 1875 erkannte, abgebildet hat, sind ganz ohne Zweifel solche Resorptionsmarken. In Abb. 5 c ist ein solcher Zahn nach den von Meyer gegebenen Abbildungen gezeichnet und zeigt die weitgehende Übereinstimmung mit den nebenstehenden Resorptionsmarken an den Zähnen des Nilkrokodils. Resorptionsdefekte völlig gleicher Art sind schon Cuvier von den Zähnen des Leguan (*Iguana*) aus den tropischen Teilen Amerikas bekannt gewesen (vgl. z. B. Quenstedt 1867, S. 145, Taf. 7, Abb. 6, oder Zittel 1887—1890, S. 604, Fig. 537), und in ganz entsprechender Weise finden sie sich an den Zähnen fossiler Lacterilia.

Das gleichartige Auftreten von Resorptionsdefekten bei Säugern und Reptilien zeigt, daß es sich bei diesen Erscheinungen um ein weitverbreitetes, mit dem Zahnwechsel einhergehendes Phänomen handelt, und die Frage nach den die Resorption bewerkstelligenden Organen hat daher allgemeineres Interesse.

Die Knochen und Zahnhartgebilde auflösenden Osteoklasten werden natürlich in jenen Geweben gesucht werden müssen, die in vivo den Raum zwischen dem Keim des permanenten Zahns einerseits und dem in Resorption befindlichen Alveolarboden und Wurzeln des Milchzahns andererseits erfüllen. Dies sind, wie aus den Arbeiten von Ebner 1922 und Kückenthal 1915 hervorgeht, das Schmelzorgan, das seinerseits mehrere histologisch differente Schichten aufweist, und das Bindegewebe. Das Schmelzorgan, dessen inneres Epithel (Ameloblastenschicht) den Zahnschmelz des Dauerzahns aufbaut, liegt diesem vollkommen an. Darüber folgen das Stratum intermedium und die sogenannte „Schmelzpulpa“, Gewebsschichten, denen offenbar die Aufgabe zufällt, die Ameloblastenschicht zu ernähren und ihr die zum Schmelzaufbau benötigten Stoffe zuzuführen. Gegen das Bindegewebe, welches den verbleibenden Raum der Keimhöhle erfüllt, wird das Schmelzorgan durch ein äußeres Epithel begrenzt. Um seine Funktion zu erfüllen, muß dieses vierschichtige Schmelzorgan genau die Formen des späteren Schmelzbleches annehmen. Erst wenn diese erreicht sind, beginnt ja das Schmelzorgan durch Ablagerung des Zahnschmelzes zu erstarren. Auch bei den im Aufbau befindlichen Dauerprämolarkeimen in Abb. 4 b spiegelt also der mit dicken schwarzen Linien gezeichnete Schmelz den ursprünglichen Verlauf des Schmelzorgans wider, während die verbleibenden äußeren Hohlräume gegen die Alveolarböden der Milchprämolaren zu in vivo vom Bindegewebe (Bi in Abb. 4 b) erfüllt waren. Vergleicht man nun an Hand der Abb. 4 b den Verlauf des Schmelzorgans mit jenem der in Resorption befindlichen Alveolarböden, so stellt man fest, daß sie in keiner Weise einander entsprechen. Die resorbierenden Osteoklasten können also nicht im Schmelzorgan gesucht werden, da ja sonst an unserem Objekt eine weitgehende Übereinstimmung zwischen dem Verlauf des Ersatzzahn-Schmelzbleches und der umgebenden Spongiosa in Erscheinung treten müßte. Die Osteoklasten sind vielmehr in dem das Schmelzorgan umhüllenden blutreichen Bindegewebe zu suchen, dessen Oberflächengestaltung der Form der Keimhöhle vollkommen entspricht. Die Resorption geht also von dem das Schmelzorgan des Zahnkeimes umhüllenden Bindegewebe aus, wobei der vom wachsenden Zahnkeim auf das Bindegewebe ausgeübte Druck das die Resorption auslösende Moment sein dürfte.

Dieses an fossilem Material gewonnene Ergebnis wird nun durch die Befunde der Humanmedizin tatsächlich bestätigt. Beim Menschen ist ja die Resorption der Milchzahnwurzeln durch die Ersatzzähne eine lange bekannte Tatsache und hat im Volke vielfach zu der falschen Vorstellung Anlaß gegeben, daß die Milchzähne keine Wurzeln hätten. Hier hat die Untersuchung der Weichteile ergeben, daß der Resorptionsmarke unmittelbar ein „Absorptionsorgan" anliegt, das aus blutreichem Granulations- und Bindegewebe besteht, an dessen Oberflächen Riesenzellen nachweisbar sind. Im Bereiche dieser Riesenzellen erfolgt der Abbbau der Zahnsubstanz. Diese Riesenzellen entstehen spontan überall dort, wo aus irgendeinem Grunde Knochensubstanz resorbiert werden muß, so z. B. auch bei traumatischen Knochenschädigungen (Kronfeld 1903).

Bei den an den Zähnen geschilderten Erscheinungen handelt es sich um einen speziellen Fall allgemein verbreiteter, mit dem Zahnwechsel in Verbindung stehender Knochenresorptionen. Der normale „Durchbruch" der Zähne beider Dentitionen der Säugetiere ist ja ebenfalls kein mechanischer, sondern wird durch Einschmelzung des den Zahn überdeckenden Knochenabschnittes herbeigeführt. Aber auch bei der Wanderung der Zähne bzw. Zahnkeime, besonders beim horizontalen Zahnwechsel der Sirenen (Hartlaub 1886) und der Proboscidier (Dietrich 1921, Zittel 1923, S. 624), treten Resorptionen an den Vorderseiten der Zahnalveolen auf, die von Spongiosaneubildungen an der Alveolenhinterseite begleitet werden. Ganz ähnliche Wanderungen und Drehungen der Zahnkeime hat Ehrenberg 1931, S. 667, sowohl im Molaren- als auch im Inzisivenabschnitt der Höhlenbärenunterkiefer festgestellt; wir haben weiter oben Zahnkeimwanderungen im Inzisivenabschnitt der Equiden kennengelernt. Aber auch in anderen Wirbeltiergruppen sind sie weitverbreitet. Es sei nur an die Wanderungen der Zahnkeime des oberjurassischen *Lepidotus* erinnert, welche gleichzeitig eine Drehung um 180° durchmachen müssen, um in Funktion zu treten.

Der spezielle Fall einer Resorption von Zahngeweben der vorangehenden Dentition durch die nachfolgende unterscheidet sich aber von den eben genannten Auflösungs- und Neubildungserscheinungen in den Kieferknochen dadurch, daß im letzterwähnten Fall die Spuren von Zahnverlagerungen im Kieferknochen durch Neubildungen von Knochensubstanz restlos verschwinden, während eine Neubildung von Hartgewebe bei der älteren Zahngeneration nicht einzutreten vermag und daher die Resorptionsmarken, welche bisher vielfach als spätere mechanische Beschädigungen betrachtet worden sein mögen, als Zeugen einer Kollision beim Zahnwechsel dauernd erhalten bleiben.

Zusammenfassung.

An den Milchzähnen rezenter und subfossiler Equiden, fossiler Ursiden und subfossiler Suiden sowie an den jeweils funktionierenden Zahngenerationen rezenter und fossiler Reptilien werden Resorptionsdefekte beschrieben, die durch Riesenzellen hervorgebracht werden, die im Bindegewebe liegen, welches den in Wachstum befindlichen Keim des nachfolgenden Zahnes umhüllt. Die Resorptionsdefekte liegen als Konkavitäten meist in der Wurzelregion der Zähne und haben teils korrodierte, teils glatte, manchmal fast politurartig glänzende Flächen. Zahnschmelz, Dentin und Zahnzement werden von den Osteoklasten gleichartig eingeschmolzen und resorbiert, ohne daß die physikalischen und chemischen Unterschiede dieser verschiedenartigen Hartgebilde skulpturell an den Resorptionsmarken in Erscheinung treten würden. Räumliche Kollision von funktionierender und nachfolgender Dentition ist die allgemeine Voraussetzung für das Auftreten von solchen Resorptionsdefekten, welche deshalb im Tierreich weitverbreitet, aber dennoch auf Formengruppen beschränkt sind, bei welchen die Zahnanlagen der aufeinanderfolgenden Dentitionen einander stark genähert sind.

Literaturverzeichnis.

Antonius, O., 1921, Bericht über die Untersuchung der Höhlenbärenschädel; Anzeiger der Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., 1921, Nr. 15, und in: Die Drachenhöhle bei Mixnitz, Wien 1931, S. 329.

Breuer, R., 1933, Über das Vorkommen sogenannter keilförmiger Defekte an den Zähnen von Ursus spelaeus und deren Bedeutung für die Paläobiologie; Paläobiologica, Bd. V, Wien und Leipzig 1933.

Dietrich, W. O., 1921, Über den horizontalen Zahnwechsel von Mastodon und Elephas; Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläontol., Jg. 1921, Nr. 19.

Duerst, J. U., 1926, Vergleichende Untersuchungen am Skelett bei Säugern; in: Abderhalden, Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden, Abt. VII, 1926.

Ebner, v. V., 1922, Histologie der Zähne mit Einschluß der Histogenese; J. Scheffssches Handbuch der Zahnheilkunde, Wien 1922, Bd. 1.

Ehrenberg, K., 1931, Über die ontogenetische Entwicklung des Höhlenbären; in: Die Drachenhöhle bei Mixnitz, Wien 1931, S. 625.

Hartlaub, N., 1886, Beiträge zur Kenntnis der Manatus-Arten; Zool. Jahrbücher, Jg. 1886, Bd. I.

Huxley, Th., 1875, On Stagnolepis Robertsoni of the Elgin sandstone; Quart. Journ. geol. Soc. London 1875.

Kronfeld, R., 1903, Die Zähne des Kindes; Leipzig 1903.

Kückenthal, W., 1915, „Zähne“; in: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. X, Jena 1915.

Marsh, O. C., 1896, Dinosaurs of North America. Washington 1896.

Meyer, H. v., 1864, 1867, 1871, Über Beloden; Paläontographica, Bd. VII, X, XIV.

Neumann, A., und Mazanetz, G., 1949, Die römischen Ruinen unter dem Hohen Markt; Amtsbl. der Stadt Wien vom 27. Juli 1949.

Quenstedt, A., 1867, Handbuch d. Petrefaktenkunde, 2. Aufl., 2 Bde., Tübingen 1867.

Tauber, A. F., 1949, Die geologischen und paläontologischen Resultate der Ausgrabungen in der Höhle im „Blauen Bruch" bei Kaisersteinbruch; Burgenländische Heimatblätter, Jg. 11, Heft 3, Eisenstadt 1949.

Zittel, v. K. A., 1887—1890, Handbuch der Paläontologie, I. Abt. Paläozoologie, Bd. III, Vertebrata. München und Leipzig 1887—1890.

— 1913, Grundzüge der Paläontologie II. Vertebrata. München und Berlin 1923, 4. Aufl.